

PTO 03-4289

German Patent No. 34 21 878 A1  
(Offenlegungsschrift)

METHOD AND UNIT FOR THE CONTINUOUS PRODUCTION OF PIG IRON

Günter Henrich et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C. JULY 2003  
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY



FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY  
GERMAN PATENT OFFICE  
PATENT NO 34 21 878 A1 (Offenlegungsschrift)

Int. Cl. <sup>4</sup> :	C 21 B 13/14
Filing No:	P 34 21 878.5
Filing Date:	June 13, 1984
Laid-Open to Public Inspection:	December 19, 1985

METHOD AND UNIT FOR THE CONTINUOUS PRODUCTION OF PIG IRON

[Verfahren und Anlage zur konfinuierlichen Erzeugung von Roheisen]

Inventors:	Günter Henrich et al.
Applicant:	Klöckner-Humboldt-Deutz AG

June 8, 1984

Claims

/1\*

1. Method for the continuous production of pig iron from iron-containing materials, in particular iron ores, with the simultaneous production of a process gas, characterized in that the iron-containing materials in the form of green pellets, briquettes, scabs, or other green slugs are fed to a travelling grate and preheated, dried, and reduced thereon to iron sponge with a degree of reduction of approximately 90%, with the aid of the process gas, and in that the iron sponge is fed, from above, directly to a coal gasification reactor with an iron bath and, therein, is smelted with a continuous, separate outflow of iron and slag, wherein coal and oxygen are blown into the iron bath in the coal gasification reactor, preferably from below, and the coal is gasified to a sulfur-free process gas or reduction gas, which is supplied to the travelling grate for the reduction, preheating, and drying of the slugs.

2. Method according to Claim 1, characterized in that the porosity of the slugs is set at values between 15 and 40%, preferably at 30 to 35%, by preheating and drying.

---

\* [Numbers in the right margin indicate pagination of the original text.]



3. Method according to one of the preceding claims, characterized in that the green slugs are shaped with a particle size between 5 and 15 mm, preferably approximately 10 mm.

4. Method according to one of the preceding claims, characterized in that the degree of basicity of the green slugs, the ratio of  $\text{CaO}$  to  $\text{SiO}_2$ , is established at values between 1 and 2, by the addition of a base carrier, preferably limestone and/or dolomite. /2

5. Method according to one of the preceding claims, characterized in that before feeding the slugs to the travelling grate, a sintered cake of limestone or dolomite is applied in a layer height, which is calculated from the degree of basicity of the slag to be established, as a function of the sulfur content of the coal.

6. Method according to one of the preceding claims, characterized in that the bed of slugs and sintered cake is established on the grate at a height of approximately 10 to 50 cm, preferably 20 to 30 cm.

7. Method according to one of the preceding claims, characterized in that the reduction gas is conducted at least three times in a transverse flow through the bed on the travelling grate, against the conveyance direction of the slugs, wherein for the reduction of the slugs, the bed is traversed from above and for its preheating and drying, from below.

8. Unit for the carrying out of the method according to one of Claims 1 to 7, characterized in that a coal gasification reactor with an iron bath (17) is connected, via a gasproof, feed shaft (15), which can be closed, with a travelling grate (8), which passes through at least three successive treatment chambers (10,13,14), wherein the treatment chamber, the reduction chamber (14), adjacent to the feed shaft (15), is connected, via a pipe (26), with the coal gasification reactor (17); the middle treatment chamber, the pre-reduction chamber (13), via a pipe (30), regarded in the flow direction of the reduction gas, with the preceding reduction chamber (14), and via another pipe (31), with the following treatment chamber, the preheating and drying chamber (10); and in that a device (1) for the production of the green slugs (7) is interposed before the travelling grate (8). /3

9. Unit according to Claim 8, characterized in that a combustion chamber (11) with an air or oxygen supply (37) and perhaps a gas cooler are located in the gas supply pipe (31) to the preheating and drying chamber (10).

The invention concerns a method for the continuous production of pig iron, in accordance with the preamble of Claim 1. Furthermore, the invention concerns a unit for carrying out the method in accordance with the invention. /4

A method and an apparatus of this type are known from European Patent Application 0 048 008. There, a smelting gasifier is shown, over which a direct reduction shaft furnace is located. Lumpy iron ore is supplied to this direct reduction shaft furnace; it settles in the form of a loose bed in the shaft furnace and is reduced to an iron sponge by means of the reduction gas



from the smelting gasifier. The approximately 1400°C-hot reduction gas is cooled to a temperature of 760 to 850°C by mixing with cooled and regenerated gas and blown in approximately in the middle of the shaft furnace via annularly arranged nozzles. The reduced iron ore, the iron sponge, is discharged on the bottom of the shaft furnace via discharge worms, developed especially for this purpose, and fed to the reduction gasifier via dropping pipes. The iron sponge falls on a coal flow bed, which is formed by blowing oxygen and air into the coal layer. The coal is gasified and the iron sponge melts, collects on the base of the smelting gasifier as liquid and is removed there with the slag. /5

This method exhibits the disadvantage that the reduction gas cannot be utilized during a reduction in the shaft furnace at the temperature at which it is produced. The cooling from approximately 1400°C to 800°C signifies a high energy loss and requires a high equipment outlay. The disadvantage here is also the high bed of the lumpy iron to be reduced in the reduction shaft furnace. It requires a longer residence time of the ore over several hours, so that the high degree of reduction required for the following melting process is attained. The throughput performance of the direct reduction shaft furnace is thus limited.

Another disadvantage of the high bed is the special demand which is made on the used raw materials, the pellets, and the lumpy ore. For use in a shaft furnace, they must have a sufficiently high strength. Pellets, for example, can only be used in burned form. The burning, however, is very energy-intensive. The particularly expensive discharge devices for the hot iron sponge, which are designed as worm conveyors, are also disadvantageous. Another disadvantage is the contamination of the reduction gas with sulfur from the coal as a result of the production of gas with the aid of the coal flow bed. The sulfur is hereby introduced into the iron sponge and subsequently must be removed from the pig iron during the melting process.

The goal of the invention is to produce liquid pig iron from ore slugs with a method and with a unit for the execution of the method, wherein, at the same time, the process gas required for the reduction is formed, without the disadvantages cited above being connected there with.

This goal is attained by the characterizing features of Claim 1. According to the invention, the hot process gas flows directly into the reduction chamber, in which it flows through the low height of the bed onto the travelling grate, so that strong gas blower power is not required, which must first force the gas flow through the bed. An intensive penetration of the bed by the gas takes place, so that a rapid reduction to the high degree of reduction of approximately 90% occurs. With comparable degrees of reduction, the residence of the ore to be reduced on the travelling grate, is considerably shorter than in a shaft furnace, so that in this way, a substantial increase of the throughput performance is attained. In contrast to the known method, a special demand for strength does not need to be made on the slugs, since they must withstand only the transport on the travelling grate. /6





Also, in accordance with the invention, expensive discharge devices are not required, since the bed automatically falls from the travelling grate into the feed shaft. The hot charging of the iron sponge into the coal gasification reactor is also very advantageous, in particular, in that the valuable heat energy content of the hot iron sponge is optimally used for its smelting. In this way, the heat balance of the coal gasification reactor is substantially improved and the coal consumption for the smelting process is limited to a minimum. Another advantage of the invention is to be found in the fact that a highly pure process gas, free of sulfur, is produced, which consists of approximately 65 to 70% CO and approximately 25 to 30% H<sub>2</sub> and therefore does not have to be desulfurized first in an expensive manner or treated in some other way and does not need to be mixed with other gases. The coal is namely blown in, in accordance with the method of the invention, into the liquid iron, from below, and the sulfur of the coal is bound in the basic slag. As a result, environmentally damaging waste gases do not occur either.

In an advantageous embodiment of the method of the invention, the porosity of the slugs is set at values between 15 and 40%, preferably, 30 to 35%, by preheating and drying. The high porosity of the slugs favors their reduction considerably, since it makes possible a good penetration of the process gas into the slugs. /7

In another advantageous embodiment of the invention of the method, the green slugs are shaped with a particle size between 5 and 15 mm, preferably, approximately 10 mm. These dimensions ensure a rapid and extensive reduction and furthermore, a rapid melting in the iron bath.

Advantageously, the degree of the basicity of the green slugs, the ratio of CaO to SiO<sub>2</sub>, is set at values between 1 and 2 by the addition of a base carrier, preferably, limestone and/or dolomite. In this way, the sticking temperature of the slugs is increased and it is possible to impinge the slugs in the reduction chamber with a very hot process gas at temperatures of approximately 1300°C and in this way, to attain high reduction rates.

Before feeding the slugs onto the travelling grate, a sintered cake of limestone or dolomite is preferably applied on the travelling grate in a layer height, which is calculated from the degree of basicity of the slag to be set as a function of the sulfur content of the coal. The degree of basicity of the slag is defined as the ratio of CaO to SiO<sub>2</sub>. The sintered cake, consisting of limestone and/or dolomite, offers the possibility of avoiding a sticking of the slugs on the grate during the reduction. Simultaneously, the limestone or dolomite is pre-deacidified on the travelling grate. This has a favorable effect on the heat balance of the coal gasification reactor.

In an advantageous manner, the bed of slugs and sintered cake on the sintered cake is established at a height of approximately 10 to 50 cm, preferably 20 to 30 cm. In this way, an optimal gassing through the bed is ensured and the gas pressure can be maintained /8



correspondingly low. Furthermore, a substantially shorter reduction time is attained, in comparison to the reduction time, in shaft furnaces or rotary kilns.

In an advantageous manner, the process gas is conducted through the bed on the travelling grate, at least three times, in a transverse flow, contrary to the conveying direction of the slugs, wherein to reduce the slugs, the bed is traversed from above and for preheating and drying, from below. By this conducting of the gas, the heat energy of the process gas, on the one hand, is optimally utilized and on the other hand, swirling of the bed on the grate is avoided. The gas flowing through the bed from below entrains the moisture, in an advantageous manner, so that it does not condense on the grate or in the sintered cake.

A unit to carry out the method of the invention is characterized by the features of Claim 8. A coal gasification reactor with an iron bath is connected with a travelling grate, which passes through at least three successive treatment chambers, via a gasproof feed shaft, which can be closed, wherein the treatment chamber, the reduction chamber, adjacent to the feed shaft, is connected with the coal gasification reactor via a pipe; the middle treatment chamber, the pre-reduction chamber is connected, with the preceding reduction chamber regarded in the flow direction of the process gas, via a pipe and via another pipe with the following treatment chamber, the preheating and drying chamber; and an apparatus for the production of the green slugs is interposed before the travelling grate. The unit has a simple structure. The travelling grate is particularly suitable for the preheating and drying and for the reduction of slugs made of ore, since the individual method steps can be controlled on it particularly well. The process gas is advantageously conducted independent of the material to be reduced and melted. The material and gas flows are not directed in opposite directions, as is the case, for example, in the known unit. For this reason, high blower power is not required. The fine material and the dust which accumulate in the gas during the reduction process can be easily removed between the individual method steps.

/9

In an advantageous embodiment of the unit in accordance with the invention, a combustion chamber with an air or oxygen supply is located in the gas supply pipe to the preheating and drying chamber. A combustion of the combustible components of the process gas, which has passed through the reduction chamber, takes place in this chamber. Thus, an expensive purification of the exhaust gases is omitted. After the gas passes through the bed on the travelling grate, there is only water vapor and  $\text{CO}_2$  left. Under certain circumstances, a gas cooler is located in the gas pipe to the preheating and drying chamber behind the combustion chamber, so as to cool the temperature of the gas before the entry into the preheating and drying chamber to the required level.



With the aid of an exemplified embodiment represented schematically in the drawing, the unit in accordance with the invention and the method of the invention are explained in more detail with other advantageous embodiments below.

As the drawing shows, in an apparatus 1 for the production of green slugs 7, ore, limestone, and other fluxing agents from a series of bunkers 2, 3, 4, and dust from a dedusting unit 5 are removed in a metered way, and fed, in a stipulated mixture, to a unit 6, for example, a briquette press or pelleting apparatus, in which the slugs 7 are shaped. The desired porosity of the slugs is advantageously attained in that combustible and/or gasifying substances are admixed to the ores during the production of the slugs. The degree of porosity can be controlled by the added quantity. Advantageously, the porosity can be attained also in that coarse-grain ores are used in the production of the slugs. The use of coarse-grain ores also saves energy, which would otherwise have to be used to comminute the ores. /10

These slugs 7 are continuously fed to a travelling grate 8 or another conveying unit, suitable for the carrying out of a reduction. First, limestone or dolomite is supplied to the travelling grate and in this way, a coat 9 is formed thereon. Afterwards, a layer of the slugs 7 is brought continuously into the preliminary heating and drying chamber 10 with the travelling grate 8. There, hot process gases from the combustion chamber 11, whose structure and function are explained later, flow in, from below, in a transverse flow. Optionally, the hot process gases, exiting from the combustion chamber 11, are cooled to a temperature required for the preheating and drying, with the aid of an interposed gas cooler. The gases heat and dry the moist slugs 7 and leave the reduction chamber 10, while entraining water vapor, through the stack 12. The exhaust gases, which still have a temperature of approximately 200°C to 300°C, and are loaded with water vapor, can eventually be used to render inert, for example, coal comminution units.

From the treatment chamber 10, the slugs 7 arrive at the pre-reduction chamber 13. There, the reduction gas, which still has a temperature of approximately 1000°C, flows through the bed on the travelling grate 8, from above downwards, wherein the slugs 7 are pre-reduced. A degree of reduction of the slugs of approximately 50 to 70% is hereby attained. /11

In the following reduction chamber 14, the reduction of the slugs 7 to a degree of reduction of approximately 90%, takes place by the fresh reduction gas, which has a temperature of approximately 1300°C.

The speed of the travelling grate 8 can be regulated within broad limits and is based on the individual gas composition, gas temperature, and the thereon dependent residence time of the slugs 7 in the pre-reduction chamber 13 and the reduction chamber 14. The speed is set, as a rule, at values between 0.5 and 3 m/min.

In contrast to many other methods, the reduced slugs are not cooled off, but rather fall directly into a feed shaft 15 via a gasproof sluice--in this case, two bell-shaped locks 16--into the



coal gasification reactor 17. This sluice acts, among other things, like a regulating device for the quantity to be fed per unit time. Any cakings or sinterings of the slugs can be easily comminuted in a comminution device 18--for example, two opposed toothed rollers.

In the coal gasification reactor 17, the slugs reduced to an iron sponge fall into an iron bath 19 and melt. The formed slag 20 floats and flows off continuously, like the liquid pig iron 19. Coal 21 and oxygen 22 are blown in through bottom nozzles. The coal reacts with the oxygen and is gasified. A sulfur-free, highly pure process gas, with a content of approximately 65 to 70% CO and 25 to 30% H<sub>2</sub>, which can also be used as a synthesis gas, is formed. As a result of the possibility of binding the sulfur content of the coal completely in the slag, it is possible to advantageously use coal which is of low quality and which has a high sulfur content for this process.

/12

The process gas, which has a temperature of approximately 1400°C, flows through the positive pressure prevailing in the coal gasification reactor 17 with a pressure of approximately 2 bar from an outlet 23 in the cover of the reactor into a hot cyclone 24, in which it is freed from the entrained dust. The gas provided for the reduction flows through the pipe 26 into the reduction chamber 14. Excess gas of high purity can be removed via a distributor valve 25 for other purposes, for example, as a synthesis gas, using pipe 27.

Hot gas cyclones 28 and 29, in which the dust entrained by the gases from the bed on the grate is separated, are connected to the reduction chambers 13, 14 via gas pipes 30 and 31. The dust separated in the hot gas cyclones 28, 29 is returned to the bunker 5 via the pipe 32 into the apparatus 1 for the production of the green slugs 7. The speed of the gas flow is regulated via a blower 33 in gas pipe 30 and a blower 34 in pipe 31.

Since such a large gas quantity is not needed for the preheating and drying as for the reduction, a distributor valve 35 is placed in pipe 31 before the blower 34, with which the release of so-called excess gas through pipe 36 is regulated. It can be used for the production of oxygen or as a fuel gas for the production of current.

Before the treatment chamber 10, a combustion chamber 11 lies in the pipe 31, into which air or oxygen is introduced via a nozzle 37, and all still combustible components in the gas are burned, and the gas, if necessary, is additionally cooled with the aid of a gas cooler interposed in pipe 31, in order to avoid overheating and deformation of the grate 8. The production of gas in the coal gasification reactor 17 with a basic slag and the subsequent combustion in the combustion chamber 11 and cooling of the gas to a lower temperature level prevent sulfur dioxide and nitrogen oxide emissions from being introduced into the environment from the process.

/13

From the distributor valve 25, another pipe can be branched off, in which a gas cooler 39 is located. Via pipe 38, a partial quantity of the process gas is branched off, cooled and with a









DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 34 21 878.5  
 22 Anmeldetag: 13. 6. 84  
 43 Offenlegungstag: 19. 12. 85

FILED BY  
IDS

**NE 2121 Q78 A 1**

⑦ Anmelder:

Klöckner-Humboldt-Deutz AG, 5000 Köln, DE

⑦<sup>4</sup> Vertreter:

Beisner, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 5204 Lohmar

⑦2 Erfinder:

Henrich, Günter, Dr., 5090 Leverkusen, DE; Hilbrans, Hermann, Dr., 4018 Langenfeld, DE; Rao, Chatty, Dr., 5060 Bergisch Gladbach, DE

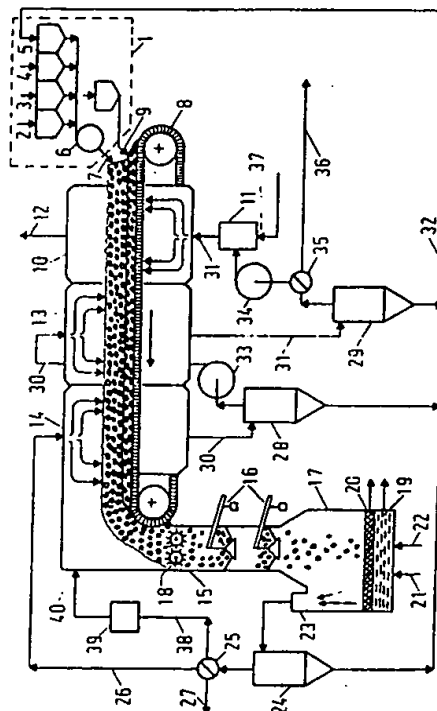
PTO 2003-4289

S.T.I.C. Translations Branch

⑤4 Verfahren und Anlage zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen

Die Erzeugung von Roheisen aus Formlingen, die aus Stückerz oder eisenhaltigen sowie eventuellen Zuschlägen/Feinerzen bestehen, ist auch heute noch sehr energieaufwendig, vor allem, wenn die Formlinge gebrannt werden müssen, um während des Reduktionsvorgangs, beispielsweise in einem Reduktionsschachtofen, eine genügende Festigkeit aufzuweisen. Bei Schmelzverfahren mit gleichzeitiger Erzeugung eines Reduktionsgases in Einschmelzvergaser erfordert die Abkühlung des erzeugten Reduktionsgases auf eine Temperatur unterhalb der Stickingtemperatur der Pellets einen großen vorrichtungs- und verfahrensmäßigen Aufwand.

Gemäß der Erfindung werden diese Nachteile dadurch vermieden, daß die grünen Formlinge (7) auf einem Wanderrost (8) durch ein Prozeßgas aus einem Kohlevergasungsreaktor (17) unter voller Ausnutzung der im erzeugten Prozeßgas enthaltenen Wärmeenergie vorgewärmt, getrocknet und zu Eisenschwamm reduziert und anschließend über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht (15) einem Kohlevergasungsreaktor (17) kontinuierlich aufgegeben und eingeschmolzen werden.



**DE 3421878 A1**

### Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen aus eisenhaltigen Materialien, insbesondere Eisenerzen, bei gleichzeitiger Erzeugung eines Prozeßgases, dadurch gekennzeichnet, daß die eisenhaltigen Materialien in Form von Grünpellets, Briketts, Schülpen oder anderen grünen Formlingen einem Wanderrost aufgegeben und darauf mit Hilfe des Prozeßgases vorgewärmt, getrocknet und zu Eisenschwamm mit einem Reduktionsgrad von etwa 90 % reduziert werden, und daß der Eisenschwamm unmittelbar einem Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad von oben aufgegeben und darin bei kontinuierlichem, getrenntem Abfluß von Eisen und Schlacke eingeschmolzen wird, wobei in den Kohlevergasungsreaktor Kohle und Sauerstoff vorzugsweise von unten in das Eisenbad eingeblasen werden und die Kohle zu einem schwefelfreien Prozeßgase bzw. Reduktionsgas vergast wird, das dem Wanderrost zur Reduktion, Vorwärmung und Trocknung der Formlinge zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Porosität der Formlinge durch Vorwärmung und Trocknung auf Werte zwischen 15 und 40 %, vorzugsweise auf 30 bis 35 %, eingestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die grünen Formlinge mit einer Korngröße zwischen 5 und 15 mm, vorzugsweise etwa 10 mm, abgeformt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Basizitätsgrad der grünen Formlinge, das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ , durch Zugabe von einem Basenträger, vorzugsweise Kalkstein und/oder Dolomit, auf Werte zwischen 1 und 2 eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor Aufgabe der Formlinge auf den Wanderrost ein Rostbelag aus Kalkstein oder Dolomit in einer Schichthöhe aufgegeben wird, die sich aus dem einzustellenden Basizitätsgrad der Schlacke in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt der Kohle errechnet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schüttung aus Formlingen und Rostbelag auf dem Rost auf eine Höhe von etwa 10 bis 50 cm, vorzugsweise von 20 bis 30 cm, eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Reduktionsgas wenigstens dreimal im Querstrom, entgegen der Förderrichtung der Formlinge, durch die Schüttung auf dem Wanderrost geführt wird, wobei zur Reduktion der Formlinge die Schüttung von oben und zu ihrer Vorwärmung und Trocknung von unten durchströmt wird.

8. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad (17) über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht (15) mit einem Wanderrost (8) verbunden ist, der wenigstens drei hintereinanderliegende Behandlungskammern (10, 13, 14) durchläuft, wobei die dem Aufgabeschacht (15) am nächsten liegende Behandlungskammer, die Reduktionskammer (14), über eine Rohrleitung (26) mit

dem Kohlevergasungsreaktor (17), die mittlere Behandlungskammer, die Vorreduktionskammer (13), über eine Rohrleitung (30), in Strömungsrichtung des Reduktionsgases gesehen, mit der vorhergehenden Reduktionskammer (14) und über eine weitere Rohrleitung (31) mit der nachfolgenden Behandlungskammer, der Vorwärm- und Trocknungskammer (10), in Verbindung steht und daß dem Wanderrost (8) eine Vorrichtung (1) zur Herstellung der grünen Formlinge (7) vorgeschaltet ist.

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gaszuleitung (31) zu der Vorwärm- und Trocknungskammer (10) eine Brennkammer (11) mit Luft- oder Sauerstoffzuführung (37) und gegebenenfalls ein Gaskühler angeordnet sind.

Anlage zum Patentgesuch der  
Klöckner-Humboldt-Deutz  
Aktiengesellschaft

vom 08. Juni 1984

Verfahren und Anlage zur kontinuierlichen  
Erzeugung von Roheisen

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen gemäß Oberbegriff des Anspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung dieser Art sind aus der europäischen Patentanmeldung O 048 008 bekannt. Dort wird ein Einschmelzvergaser gezeigt, über dem ein Direktreduktionsschachtofen angeordnet ist. Diesem Direktreduktionsschachtofen wird stückiges Eisenerz zugeführt, das in Form einer losen Schüttung im Schachtofen absinkt und mittels des Reduktionsgases aus dem Einschmelzvergaser zu Eisenschwamm reduziert wird. Das etwa 1400 °C heiße Reduktionsgas wird durch Mischung mit gekühltem und regeneriertem Gas auf eine Temperatur von 760 bis 850 °C abgekühlt und etwa in der Mitte des Schachtofens über ringförmig angeordnete Düsen eingeblasen. Das reduzierte Eisenerz, der Eisenschwamm, wird über speziell zu diesem Zweck entwickelte Austragsschnecken am Boden des Schachtofens ausgetragen und über Fallrohre dem Reduktionsvergaser aufgegeben. Der Eisenschwamm fällt auf ein Kohlefließbett, das durch Einblasen von Sauerstoff und Luft in die Kohleschicht gebildet wird. Die Kohle vergast und der Eisenschwamm schmilzt, sammelt sich auf dem Grund des Einschmelzvergasers als flüssiges

Eisen und wird dort mit der Schlacke abgezogen.

Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, daß das Reduktionsgas bei einer Reduktion in dem Schachtofen nicht mit der Temperatur verwertet werden kann, mit der es erzeugt wird. Die Abkühlung von etwa 1400 °C auf 800 °C bedeutet einen hohen Energieverlust und erfordert einen hohen vorrichtungsmäßigen Aufwand. Nachteilig hierbei ist auch die hohe Schüttung des zu reduzierenden stückigen Erzes in dem Reduktionsschachtofen. Sie erfordert eine längere Verweilzeit des Erzes über mehrere Stunden, damit der für den nachfolgenden Schmelzprozess erforderliche hohe Reduktionsgrad erreicht wird. Die Durchsatzleistung des Direktreduktionsschachtofens wird damit begrenzt.

Ein weiterer Nachteil der hohen Schüttung ist die besondere Anforderung, die an die eingesetzten Rohstoffe, die Pellets und die Stückerze, gestellt werden. Für den Einsatz in einem Schachtofen müssen sie eine genügend hohe Festigkeit aufweisen. Pellets können beispielsweise nur in gebrannter Form Verwendung finden. Das Brennen ist aber sehr energieaufwendig. Nachteilig sind auch die besonders aufwendigen Auszugsorgane für den heißen Eisenschwamm, die als Schneckenförderer ausgebildet sind. Ein weiterer Nachteil ist die Verunreinigung des Reduktionsgases mit Schwefel aus der Kohle aufgrund der Gaserzeugung mit Hilfe des Kohleflieðbetts. Der Schwefel gerät hierbei in den Eisenschwamm und muß nachträglich beim Schmelzprozeß aus dem Roheisen entfernt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einem Verfahren sowie mit einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens flüssiges Roheisen aus Erz-Formlingen zu erzeugen, wobei gleichzeitig das für die Reduktion erforderliche Prozeßgas entsteht, ohne daß damit die oben angeführten Nachteile verbunden sind.



Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Gemäß der Erfindung strömt das heiße Prozeßgas direkt in die Reduktionskammer, in der es die geringe Höhe der Schüttung auf dem Wanderrost durchströmt, so daß keine starken Gebläseleistungen erforderlich sind, die den Gasstrom erst durch die Schüttung pressen müssen. Es erfolgt eine intensive Durchdringung der Schüttung durch das Gas, so daß eine schnelle Reduktion auf den hohen Reduktionsgrad von etwa 90 % erfolgt. Bei vergleichbaren Reduktionsgraden ist der Aufenthalt des zu reduzierenden Erzes auf dem Wanderrost erheblich kürzer als in einem Schachtofen, so daß hierdurch eine wesentliche Erhöhung der Durchsatzleistung erzielt wird. Im Gegensatz zu dem bekannten Verfahren braucht an die Formlinge auch kein besonderer Anspruch hinsichtlich der Festigkeit gestellt zu werden, da sie nur den Transport auf dem Wanderrost überstehen müssen.

Auch sind gemäß der Erfindung keine aufwendigen Austragsorgane erforderlich, da die Schüttung selbsttätig von dem Wanderrost in den Aufgabeschacht fällt. Die Heißchargierung des Eisenschwammes in den Kohlevergasungsreaktor ist insbesondere auch deshalb sehr vorteilhaft, da der wertvolle Wärmeenergieinhalt des heißen Eisenschwamms zu dessen Einschmelzen optimal genutzt wird. Dadurch wird die Wärmebilanz des Kohlevergasungsreaktors wesentlich verbessert und der Kohleverbrauch für den Einschmelzprozeß auf ein Minimum beschränkt. Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, daß ein hochreines Prozeßgas, frei von Schwefel, erzeugt wird, das aus etwa 65 bis 70 % CO und etwa 25 bis 30 % H<sub>2</sub> besteht und daher nicht erst aufwendig entschwefelt oder anderweitig aufbereitet und mit anderen Gasen gemischt werden muß. Die Kohle wird nämlich nach dem erfindungsgemäßen Verfahren von unten in das flüssige Eisen eingeblasen und der Schwefel der Kohle in der basischen Schlacke gebunden. Dadurch treten auch keine weiteren umweltschädigenden Abgasprobleme auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch Vorwärmung und Trocknung die Porosität der Formlinge auf Werte zwischen 15 und 40 %, vorzugsweise auf 30 bis 35 %, eingestellt. Die hohe Porosität der Formlinge begünstigt ihre Reduktion erheblich, da sie ein gutes Eindringen des Prozeßgases in die Formlinge ermöglicht.

In weiterer, vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die grünen Formlinge mit einer Korngröße zwischen 5 und 15 mm, vorzugsweise etwa 10 mm, abgeformt. Diese Abmessung gewährleistet eine schnelle und weitgehende Reduktion und außerdem ein rasches Aufschmelzen in dem Eisenbad.

Vorteilhaft wird der Basizitätsgrad der grünen Formlinge, das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ , durch Zugabe von einem Basenträger, vorzugsweise Kalkstein und/oder Dolomit, auf Werte zwischen 1 und 2 eingestellt. Hierdurch wird die Stickingtemperatur der Formlinge erhöht und es ist möglich, die Formlinge in der Reduktionskammer mit sehr heißem Prozeßgas mit Temperaturen von etwa  $1300^\circ\text{C}$  zu beaufschlagen und dadurch hohe Reduktionsgeschwindigkeiten zu erreichen.

Vor der Aufgabe der Formlinge auf den Wanderrost wird vorteilhaft ein Rostbelag aus Kalkstein oder Dolomit in einer Schichthöhe aufgegeben, die sich aus dem einzustellenden Basizitätsgrad der Schlacke in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt der Kohle errechnet. Der Basizitätsgrad der Schlacke ist definiert als das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ . Der Rostbelag, bestehend aus Kalkstein und/oder Dolomit bietet die Möglichkeit, während der Reduktion ein Ankleben der Formlinge am Rost zu vermeiden. Gleichzeitig wird der Kalkstein beziehungsweise Dolomit auf dem Wanderrost vorentsäuert. Das wirkt sich günstig auf die Wärmebilanz des Kohlevergasungsreaktors aus.

In vorteilhafter Weise wird die Schüttung aus Formlingen und Rostbelag auf dem Rost auf eine Höhe von etwa 10 bis 50 cm, vorzugsweise von 20 bis 30 cm, eingestellt. Dadurch ist eine optimale Durchgasung der Schüttung gewährleistet und der Gasdruck kann entsprechend niedrig gehalten werden. Außerdem wird dadurch eine wesentlich kürzere Reduktionszeit gegenüber der Reduktionszeit in Schachtofen oder Drehrohröfen erreicht.

In vorteilhafter Weise wird das Prozeßgas wenigstens dreimal im Querstrom, entgegen der Förderrichtung der Formlinge, durch die Schüttung auf dem Wanderrost geführt, wobei zur Reduktion der Formlinge die Schüttung von oben und zu ihrer Vorwärmung und Trocknung von unten durchströmt wird. Durch diese Gasführung wird zum einen die Wärmeenergie des Prozeßgases optimal genutzt und zum anderen vermieden, daß die Schüttung auf dem Rost aufgewirbelt wird. Das von unten durch die Schüttung strömende Gas führt in vorteilhafter Weise die Feuchtigkeit mit sich, so daß sie sich nicht auf dem Rost oder in dem Rostbelag niederschlagen kann.

Eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruches 8 gekennzeichnet. Ein Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad ist über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht mit einem Wanderrost verbunden, der wenigstens drei hintereinanderliegende Behandlungskammern durchläuft, wobei die dem Aufgabeschacht am nächsten liegende Behandlungskammer, die Reduktionskammer, über eine Rohrleitung mit dem Kohlevergasungsreaktor, die mittlere Behandlungskammer, die Vorreduktionskammer, über eine Rohrleitung, in Strömungsrichtung des Prozeßgases gesehen, mit der vorhergehenden Reduktionskammer und über eine weitere Rohrleitung mit der nachfolgenden Behandlungskammer, der Vorwärm- und Trocknungskammer, in Verbindung

steht, und dem Wanderrost ist eine Vorrichtung zur Herstellung der grünen Formlinge vorgeschaltet. Die Anlage weist einen einfachen Aufbau auf. Der Wanderrost ist besonders geeignet zur Vorwärmung und Trocknung sowie zur Reduktion von Formlingen aus Erz, da sich die einzelnen Verfahrensschritte darauf besonders gut beherrschen lassen. Das Prozeßgas wird vorteilhaft unabhängig von dem zu reduzierenden und aufzuschmelzenden Gut geführt. Gut- und Gasstrom sind nicht gegensinnig gerichtet, wie es beispielsweise in der bekannten Anlage der Fall ist. Aus diesem Grund sind keine hohen Gebläseleistungen erforderlich. Das während des Reduktionsvorgangs sich im Gas anreichernde Feingut sowie der Staub können zwischen den einzelnen Verfahrensschritten leicht entfernt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage ist in der Gaszuleitung zu der Vorwärm- und Trocknungskammer eine Brennkammer mit Luft- oder Sauerstoffzuführung angeordnet. In dieser Kammer findet eine Verbrennung der brennbaren Bestandteile des Prozeßgases statt, welches die Reduktionskammer durchlaufen hat. Damit entfällt eine aufwendige Reinigung der Abgase. Nach Durchtritt des Gases durch die Schüttung auf dem Wanderrost enthält es nur noch Wasserdampf und  $\text{CO}_2$ . Gegebenenfalls wird in die Gasleitung zur der Vorwärm- und Trocknungskammer hinter der Brennkammer ein Gaskühler angeordnet, um die Temperaturen des Gases vor dem Eintritt in die Vorwärm- und Trocknungskammer auf das jeweils erforderliche Niveau abzukühlen.

Im folgenden wird anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels die erfindungsgemäße Anlage und das erfindungsgemäße Verfahren mit weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen näher erläutert.

Wie die Zeichnung zeigt, wird in einer Vorrichtung 1 zur Herstellung von grünen Formlingen 7 aus einer Reihe von Bunkern 2, 3, 4 Erz, Kalkstein und andere Zuschläge sowie aus einer Entstaubungsanlage 5 Staub dosiert abgezogen und in einer festgelegten Mischung einem Aggregat 6, z.B. Brikkettpresse oder Pellettiervorrichtung aufgegeben, in dem die Formlinge 7 abgeformt werden. Die erwünschte Porosität der Formlinge wird vorteilhaft dadurch erreicht, daß den Erzen bei der Herstellung der Formlinge brennbare und/oder vergasende Stoffe beigemischt werden. Der Grad der Porosität kann durch die zugegebene Menge gesteuert werden. Vorteilhaft kann die Porosität auch dadurch erreicht werden, daß bei der Herstellung der Formlinge grobkörnige Erze verwendet werden. Die Verwendung grobkörniger Erze spart außerdem Energie ein, die sonst zur Aufmahlung der Erze aufgewendet werden müßte.

Diese Formlinge 7 werden kontinuierlich auf einen Wanderrost 8 oder ein anderes, für die Durchführung einer Reduktion geeignetes Förderaggregat, aufgegeben. Zunächst wird dem Wanderrost Kalkstein oder Dolomit zugeführt und dadurch darauf ein Beleg 9 gebildet. Danach wird kontinuierlich eine Schicht der Formlinge 7 mit dem Wanderrost 8 in die Vorwärm- und Trocknungskammer 10 gebracht. Dort strömen von unten im Querstrom heiße Prozeßgase aus der Brennkammer 11 ein, deren Aufbau und Funktion später erläutert wird. Gegebenenfalls werden die aus der Brennkammer 11 austretenden heißen Prozeßgase mit Hilfe eines zwischengeschalteten Gaskühlers auf eine für die Vorwärmung und Trocknung der Formlinge erforderliche Temperatur abgekühlt. Die Gase wärmen und trocknen die feuchten Formlinge 7 und verlassen die Reduktionskammer 10 unter Mitführung von Wasserdampf durch den Kamin 12. Die noch etwa 200 °C bis 300 °C heißen, mit Wasserdampf beladenen Abgase können eventuell zur Inertisierung, beispielsweise von Kohlenmahlanlagen, verwendet werden.

Von der Behandlungskammer 10 gelangen die Formlinge 7 in die Vorreduktionskammer 13. Dort durchströmt das noch etwa 1000 °C heiße Reduktionsgas die Schüttung auf dem Wanderrost 8 von oben nach unten, wodurch die Formlinge 7 vorreduziert werden. Hierbei wird ein Reduktionsgrad der Formlinge von etwa 50 bis 70 % erreicht.

In der darauffolgenden Reduktionskammer 14 erfolgt die Reduktion der Formlinge 7 durch das frische, etwa 1300 °C heiße Reduktionsgas auf einen Reduktionsgrad von etwa 90 %.

Die Geschwindigkeit des Wanderrostes 8 ist in weiten Grenzen regulierbar und richtet sich nach der jeweiligen Gaszusammensetzung, Gastemperatur und der davon abhängigen Verweilzeit der Formlinge 7 in der Vorreduktionskammer 13 und der Reduktionskammer 14. Die Geschwindigkeit wird in der Regel auf Werte zwischen 0,5 und 3 m/min eingestellt.

Im Gegensatz zu vielen anderen Verfahren werden die reduzierten Formlinge nicht abgekühlt, sondern fallen direkt in einen Aufgabeschacht 15 über eine gasdichte Schleuse, in diesem Fall zwei übereinanderliegende Glockenverschlüsse 16, in den Kohlevergasungsreaktor 17. Diese Schleuse wirkt unter anderem auch als Regulierorgan für die jeweils pro Zeiteinheit aufzugebende Menge. Eventuelle Verbackungen oder Versinterungen der Formlinge können in einer Zerkleinerungsvorrichtung 18, beispielsweise zwei gegenläufige Stachelwalzen, leicht zerkleinert werden.

In dem Kohlevergasungsreaktor 17 fallen die zu Eisenschwamm reduzierten Formlinge in ein Eisenbad 19 und schmelzen auf. Die sich bildende Schlacke 20 schwimmt auf und fließt, wie das flüssige Roheisen 19, kontinuierlich ab. Durch Bodendüsen wird Kohle 21 und Sauerstoff 22 eingeblasen. Die Kohle reagiert mit dem Sauerstoff und wird vergast. Es entsteht

ein schwefelfreies, hochreines Prozeßgas mit einem Gehalt von etwa 65 bis 70 % CO und 25 bis 30 % H<sub>2</sub>, das auch als Synthesegas Verwendung finden kann. Aufgrund der Möglichkeit den Schwefelgehalt der Kohle vollständig in der Schlacke zu binden, läßt sich auch vorteilhaft minderwertige, hochschwefelhaltige Kohle für dieses Verfahren einsetzen.

Das etwa 1400 ° C heiße Prozeßgas strömt durch den im Kohlevergasungsreaktor 17 herrschenden Überdruck mit einem Druck von etwa 2 bar aus einem Auslaß 23 in der Decke des Reaktors in einen Heißgaszyklon 24, in dem es vom mitgerissenen Staub befreit wird. Das für die Reduktion vorgesehene Gas strömt durch die Leitung 26 in die Reduktionskammer 14. Überschüssiges Gas hoher Reinheit kann über ein Verteilerventil 25 für andere Zwecke, beispielsweise als Synthesegas, über die Leitung 27 abgeführt werden.

An die Reduktionskammern 13, 14 sind über Gasleitungen 30 und 31 Heißgaszyklone 28 und 29 angeschlossen, in denen der von den Gasen aus der Schüttung auf dem Rost mitgerissene Staub abgeschieden wird. Der in den Heißgaszyklonen 28, 29 abgeschiedene Staub wird über die Leitung 32 in die Vorrichtung 1 zur Herstellung der grünen Formlinge 7 in den Bunker 5 zurückgeführt. Dabei wird über ein Gebläse 33 in der Gasleitung 30 und ein Gebläse 34 in der Leitung 31 die Geschwindigkeit des Gasstroms geregelt.

Da für die Vorwärmung und Trocknung keine so große Gasmenge benötigt wird wie für die Reduktion, ist in der Leitung 31 vor dem Gebläse 34 ein Verteilerventil 35 angeordnet, mit dem die Abgabe des sogenannten Überschußgases durch die Leitung 36 geregelt wird. Es kann zur Sauerstofferzeugung oder als Brenngas zur Stromerzeugung genutzt werden.

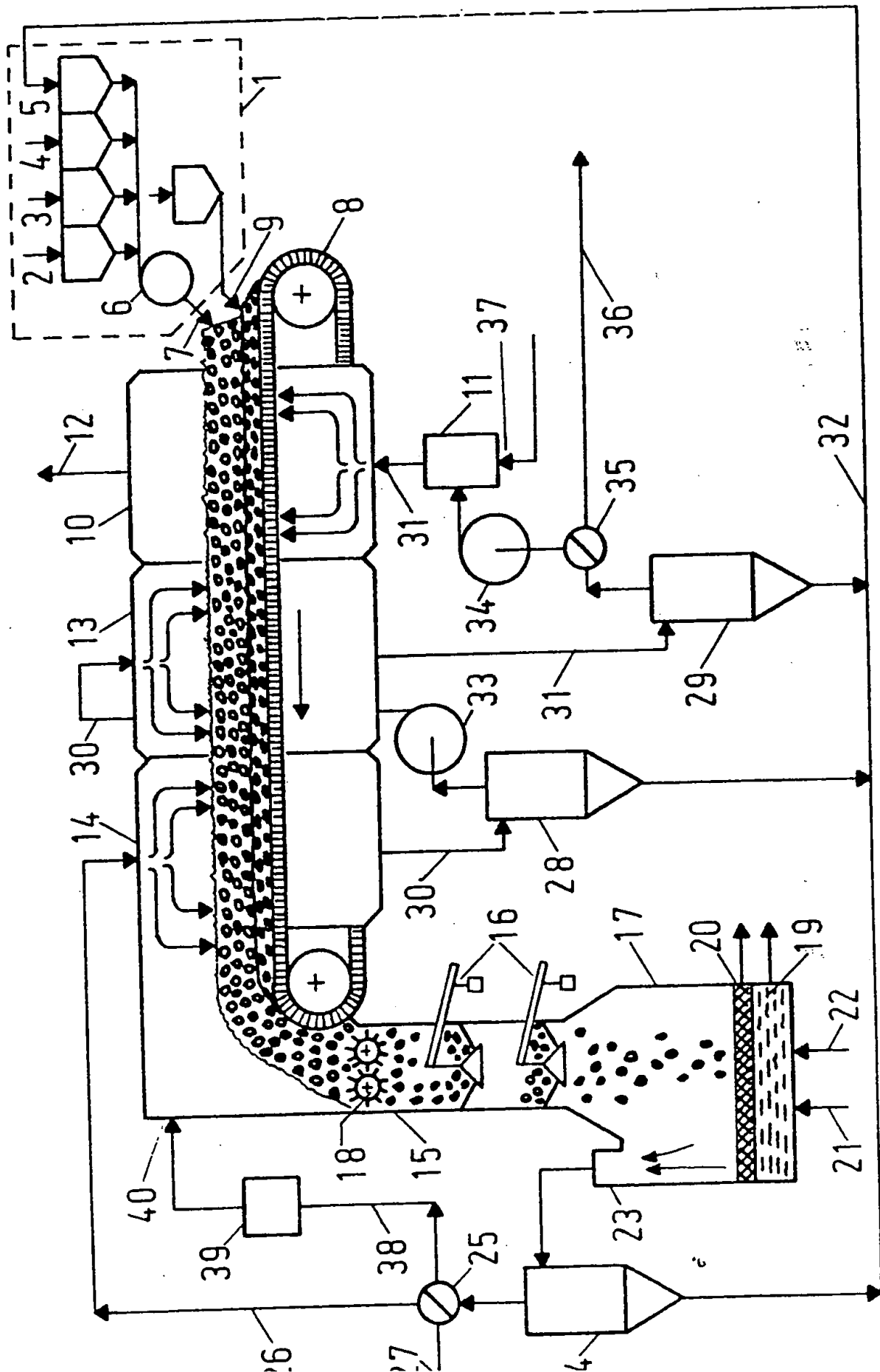
Vor der Behandlungskammer 10 liegt eine Brennkammer 11 in der Leitung 31, in die Luft oder Sauerstoff über eine Düse 37 eingeführt wird und sämtliche noch brennbaren Bestandteile im Gas verorant und das Gas, wenn erforderlich, noch zusätzlich mit Hilfe eines in die Leitung 31 zwischengeschalteten Gaskühlers gekühlt, um Überhitzungen und Verformungen des Rostes 8 zu vermeiden. Die Gaserzeugung im Kohlevergasungsreaktor 17 mit einer basischen Schlacke und die nachfolgende Verbrennung in der Brennkammer 11 und Kühlung des Gases zu einem niedrigeren Temperaturniveau verhindern, daß Schwefeldioxid und Stickstoffoxidemissionen aus dem Prozeß in die Umwelt gelangen.

Von dem Verteilerventil 25 kann eine weitere Leitung 38 abgezweigt werden, in der ein Gaskühler 39 liegt. Über die Leitung 38 kann eine Teilmenge des Prozeßgases abgezweigt, gekühlt und beim eventuellen Auftreten von Temperaturen des Prozeßgases oberhalb 1300 °C an der Stelle 40 aufgegeben werden, um eine Überhitzung des Eisenschwamms in der Reduktionskammer 14 auszuschließen.



- 14 -  
- Leerseite -

3421878





DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 34 21 878.5  
②② Anmeldetag: 13. 6. 84  
④③ Offenlegungstag: 19. 12. 85

FILED BY  
IDS

DE 3421878 A1

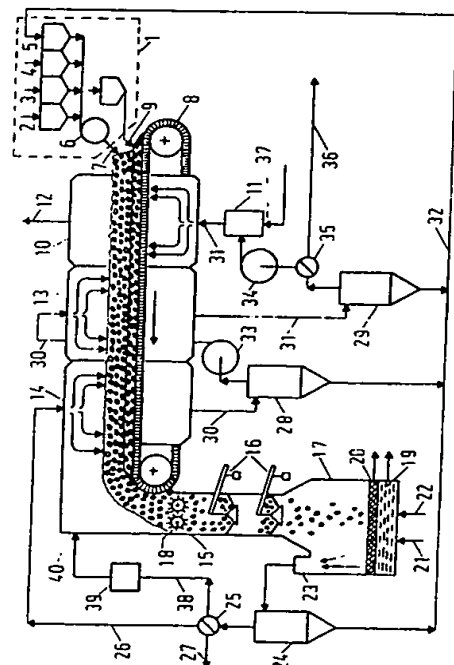
⑦① Anmelder:  
Klöckner-Humboldt-Deutz AG, 5000 Köln, DE  
⑦④ Vertreter:  
Beisner, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 5204 Lohmar

⑦② Erfinder:  
Henrich, Günter, Dr., 5090 Leverkusen, DE; Hilbrans,  
Hermann, Dr., 4018 Langenfeld, DE; Rao, Chatty, Dr.,  
5060 Bergisch Gladbach, DE

⑤④ Verfahren und Anlage zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen

Die Erzeugung von Roheisen aus Formlingen, die aus Stückerz oder eisenhaltigen sowie eventuellen Zuschlägen/Feinerzen bestehen, ist auch heute noch sehr energieaufwendig, vor allem, wenn die Formlinge gebrannt werden müssen, um während des Reduktionsvorgangs, beispielsweise in einem Reduktionsschachtofen, eine genügende Festigkeit aufzuweisen. Bei Schmelzverfahren mit gleichzeitiger Erzeugung eines Reduktionsgases in Einschmelzvergaser erfordert die Abkühlung des erzeugten Reduktionsgases auf eine Temperatur unterhalb der Stickingtemperatur der Pellets einen großen vorrichtungs- und verfahrensmäßigen Aufwand.

Gemäß der Erfindung werden diese Nachteile dadurch vermieden, daß die grünen Formlinge (7) auf einem Wanderrost (8) durch ein Prozeßgas aus einem Kohlevergasungsreaktor (17) unter voller Ausnutzung der im erzeugten Prozeßgas enthaltenen Wärmeenergie vorgewärmt, getrocknet und zu Eisenschwamm reduziert und anschließend über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht (15) einem Kohlevergasungsreaktor (17) kontinuierlich aufgegeben und eingeschmolzen werden.



DE 3421878 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen aus eisenhaltigen Materialien, insbesondere Eisenerzen, bei gleichzeitiger Erzeugung eines Prozeßgases, dadurch gekennzeichnet, daß die eisenhaltigen Materialien in Form von Grünpellets, Briketts, Schülpfen oder anderen grünen Formlingen einem Wanderrost aufgegeben und darauf mit Hilfe des Prozeßgases vorgewärmt, getrocknet und zu Eisenschwamm mit einem Reduktionsgrad von etwa 90 % reduziert werden, und daß der Eisenschwamm unmittelbar einem Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad von oben aufgegeben und darin bei kontinuierlichem, getrenntem Abfluß von Eisen und Schlacke eingeschmolzen wird, wobei in den Kohlevergasungsreaktor Kohle und Sauerstoff vorzugsweise von unten in das Eisenbad eingeblasen werden und die Kohle zu einem schwefelfreien Prozeßgase bzw. Reduktionsgas vergast wird, das dem Wanderrast zur Reduktion, Vorwärmung und Trocknung der Formlinge zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Porosität der Formlinge durch Vorwärmung und Trocknung auf Werte zwischen 15 und 40 %, vorzugsweise auf 30 bis 35 %, eingestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die grünen Formlinge mit einer Korngröße zwischen 5 und 15 mm, vorzugsweise etwa 10 mm, abgeformt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Basizitätsgrad der grünen Formlinge, das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ , durch Zugabe von einem Basenträger, vorzugsweise Kalkstein und/oder Dolomit, auf Werte zwischen 1 und 2 eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor Aufgabe der Formlinge auf den Wanderrost ein Rostbelag aus Kalkstein oder Dolomit in einer Schichthöhe aufgegeben wird, die sich aus dem einzustellenden Basizitätsgrad der Schlacke in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt der Kohle errechnet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schüttung aus Formlingen und Rostbelag auf dem Rost auf eine Höhe von etwa 10 bis 50 cm, vorzugsweise von 20 bis 30 cm, eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Reduktionsgas wenigstens dreimal im Querstrom, entgegen der Förderrichtung der Formlinge, durch die Schüttung auf dem Wanderrost geführt wird, wobei zur Reduktion der Formlinge die Schüttung von oben und zu ihrer Vorwärmung und Trocknung von unten durchströmt wird.

8. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad (17) über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht (15) mit einem Wanderrost (8) verbunden ist, der wenigstens drei hintereinanderliegende Behandlungskammern (10, 13, 14) durchläuft, wobei die dem Aufgabeschacht (15) am nächsten liegende Behandlungskammer, die Reduktionskammer (14), über eine Rohrleitung (26) mit

dem Kohlevergasungsreaktor (17), die mittlere Behandlungskammer, die Vorreduktionskammer (13), über eine Rohrleitung (30), in Strömungsrichtung des Reduktionsgases gesehen, mit der vorhergehenden Reduktionskammer (14) und über eine weitere Rohrleitung (31) mit der nachfolgenden Behandlungskammer, der Vorwärm- und Trocknungskammer (10), in Verbindung steht und daß dem Wanderrost (8) eine Vorrichtung (1) zur Herstellung der grünen Formlinge (7) vorgeschaltet ist.

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gaszuleitung (31) zu der Vorwärm- und Trocknungskammer (10) eine Brennkammer (11) mit Luft- oder Sauerstoffzuführung (37) und gegebenenfalls ein Gaskühler angeordnet sind.

Anlage zum Patentgesuch der  
Klöckner-Humboldt-Deutz  
Aktiengesellschaft

vom 08. Juni 1984

Verfahren und Anlage zur kontinuierlichen  
Erzeugung von Roheisen

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen gemäß Oberbegriff des Anspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung dieser Art sind aus der europäischen Patentanmeldung O 048 008 bekannt. Dort wird ein Einschmelzvergaser gezeigt, über dem ein Direktreduktionsschachtofen angeordnet ist. Diesem Direktreduktionsschachtofen wird stückiges Eisenerz zugeführt, das in Form einer losen Schüttung im Schachtofen absinkt und mittels des Reduktionsgases aus dem Einschmelzvergaser zu Eisenschwamm reduziert wird. Das etwa 1400 °C heiße Reduktionsgas wird durch Mischung mit gekühltem und regeneriertem Gas auf eine Temperatur von 760 bis 850 °C abgekühlt und etwa in der Mitte des Schachtofens über ringförmig angeordnete Düsen eingeblasen. Das reduzierte Eisenerz, der Eisenschwamm, wird über speziell zu diesem Zweck entwickelte Austragsschnecken am Boden des Schachtofens ausgetragen und über Fallrohre dem Reduktionsvergaser aufgegeben. Der Eisenschwamm fällt auf ein Kohlefließbett, das durch Einblasen von Sauerstoff und Luft in die Kohleschicht gebildet wird. Die Kohle vergast und der Eisenschwamm schmilzt, sammelt sich auf dem Grund des Einschmelzvergasers als flüssiges

Eisen und wird dort mit der Schlacke abgezogen.

Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, daß das Reduktionsgas bei einer Reduktion in dem Schachtofen nicht mit der Temperatur verwertet werden kann, mit der es erzeugt wird. Die Abkühlung von etwa 1400 °C auf 800 °C bedeutet einen hohen Energieverlust und erfordert einen hohen vorrichtungsmäßigen Aufwand. Nachteilig hierbei ist auch die hohe Schüttung des zu reduzierenden stückigen Erzes in dem Reduktionsschachtofen. Sie erfordert eine längere Verweilzeit des Erzes über mehrere Stunden, damit der für den nachfolgenden Schmelzprozess erforderliche hohe Reduktionsgrad erreicht wird. Die Durchsatzleistung des Direktreduktionsschachtofens wird damit begrenzt.

Ein weiterer Nachteil der hohen Schüttung ist die besondere Anforderung, die an die eingesetzten Rohstoffe, die Pellets und die Stückerze, gestellt werden. Für den Einsatz in einem Schachtofen müssen sie eine genügend hohe Festigkeit aufweisen. Pellets können beispielsweise nur in gebrannter Form Verwendung finden. Das Brennen ist aber sehr energieaufwendig. Nachteilig sind auch die besonders aufwendigen Ausstragsorgane für den heißen Eisenschwamm, die als Schneckenförderer ausgebildet sind. Ein weiterer Nachteil ist die Verunreinigung des Reduktionsgases mit Schwefel aus der Kohle aufgrund der Gaserzeugung mit Hilfe des Kohlefließbetts. Der Schwefel gerät hierbei in den Eisenschwamm und muß nachträglich beim Schmelzprozeß aus dem Roheisen entfernt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einem Verfahren sowie mit einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens flüssiges Roheisen aus Erz-Formlingen zu erzeugen, wobei gleichzeitig das für die Reduktion erforderliche Prozeßgas entsteht, ohne daß damit die oben angeführten Nachteile verbunden sind.



Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Gemäß der Erfindung strömt das heiße Prozeßgas direkt in die Reduktionskammer, in der es die geringe Höhe der Schüttung auf dem Wanderrost durchströmt, so daß keine starken Gebläseleistungen erforderlich sind, die den Gasstrom erst durch die Schüttung pressen müssen. Es erfolgt eine intensive Durchdringung der Schüttung durch das Gas, so daß eine schnelle Reduktion auf den hohen Reduktionsgrad von etwa 90 % erfolgt. Bei vergleichbaren Reduktionsgraden ist der Aufenthalt des zu reduzierenden Erzes auf dem Wanderrost erheblich kürzer als in einem Schachtofen, so daß hierdurch eine wesentliche Erhöhung der Durchsatzleistung erzielt wird. Im Gegensatz zu dem bekannten Verfahren braucht an die Formlinge auch kein besonderer Anspruch hinsichtlich der Festigkeit gestellt zu werden, da sie nur den Transport auf dem Wanderrost überstehen müssen.

Auch sind gemäß der Erfindung keine aufwendigen Austragsorgane erforderlich, da die Schüttung selbsttätig von dem Wanderrost in den Aufgabeschacht fällt. Die Heißchargierung des Eisenschwammes in den Kohlevergasungsreaktor ist insbesondere auch deshalb sehr vorteilhaft, da der wertvolle Wärmeenergieinhalt des heißen Eisenschwammes zu dessen Einschmelzen optimal genutzt wird. Dadurch wird die Wärmebilanz des Kohlevergasungsreaktors wesentlich verbessert und der Kohleverbrauch für den Einschmelzprozeß auf ein Minimum beschränkt. Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, daß ein hochreines Prozeßgas, frei von Schwefel, erzeugt wird, das aus etwa 65 bis 70 % CO und etwa 25 bis 30 % H<sub>2</sub> besteht und daher nicht erst aufwendig entschwefelt oder anderweitig aufbereitet und mit anderen Gasen gemischt werden muß. Die Kohle wird nämlich nach dem erfindungsgemäßen Verfahren von unten in das flüssige Eisen eingeblasen und der Schwefel der Kohle in der basischen Schlacke gebunden. Dadurch treten auch keine weiteren umweltschädigenden Abgasprobleme auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch Vorwärmung und Trocknung die Porosität der Formlinge auf Werte zwischen 15 und 40 %, vorzugsweise auf 30 bis 35 %, eingestellt. Die hohe Porosität der Formlinge begünstigt ihre Reduktion erheblich, da sie ein gutes Eindringen des Prozeßgases in die Formlinge ermöglicht.

In weiterer, vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die grünen Formlinge mit einer Korngröße zwischen 5 und 15 mm, vorzugsweise etwa 10 mm, abgeformt. Diese Abmessung gewährleistet eine schnelle und weitgehende Reduktion und außerdem ein rasches Aufschmelzen in dem Eisenbad.

Vorteilhaft wird der Basizitätsgrad der grünen Formlinge, das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ , durch Zugabe von einem Basenträger, vorzugsweise Kalkstein und/oder Dolomit, auf Werte zwischen 1 und 2 eingestellt. Hierdurch wird die Stickingtemperatur der Formlinge erhöht und es ist möglich, die Formlinge in der Reduktionskammer mit sehr heißem Prozeßgas mit Temperaturen von etwa  $1300^\circ\text{C}$  zu beaufschlagen und dadurch hohe Reduktionsgeschwindigkeiten zu erreichen.

Vor der Aufgabe der Formlinge auf den Wanderrost wird vorteilhaft ein Rostbelag aus Kalkstein oder Dolomit in einer Schichthöhe aufgegeben, die sich aus dem einzustellenden Basizitätsgrad der Schlacke in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt der Kohle errechnet. Der Basizitätsgrad der Schlacke ist definiert als das Verhältnis von  $\text{CaO}$  zu  $\text{SiO}_2$ . Der Rostbelag, bestehend aus Kalkstein und/oder Dolomit bietet die Möglichkeit, während der Reduktion ein Ankleben der Formlinge am Rost zu vermeiden. Gleichzeitig wird der Kalkstein beziehungsweise Dolomit auf dem Wanderrost vorentsäuert. Das wirkt sich günstig auf die Wärmebilanz des Kohlevergasungsreaktors aus.

In vorteilhafter Weise wird die Schüttung aus Formlingen und Rostbelag auf dem Rost auf eine Höhe von etwa 10 bis 50 cm, vorzugsweise von 20 bis 30 cm, eingestellt. Dadurch ist eine optimale Durchgasung der Schüttung gewährleistet und der Gasdruck kann entsprechend niedrig gehalten werden. Außerdem wird dadurch eine wesentlich kürzere Reduktionszeit gegenüber der Reduktionszeit in Schachtöfen oder Drehrohröfen erreicht.

In vorteilhafter Weise wird das Prozeßgas wenigstens dreimal im Querstrom, entgegen der Förderrichtung der Formlinge, durch die Schüttung auf dem Wanderrost geführt, wobei zur Reduktion der Formlinge die Schüttung von oben und zu ihrer Vorwärmung und Trocknung von unten durchströmt wird. Durch diese Gasführung wird zum einen die Wärmeenergie des Prozeßgases optimal genutzt und zum anderen vermieden, daß die Schüttung auf dem Rost aufgewirbelt wird. Das von unten durch die Schüttung strömende Gas führt in vorteilhafter Weise die Feuchtigkeit mit sich, so daß sie sich nicht auf dem Rost oder in dem Rostbelag niederschlagen kann.

Eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruches 8 gekennzeichnet. Ein Kohlevergasungsreaktor mit Eisenbad ist über einen gasdicht verschließbaren Aufgabeschacht mit einem Wanderrost verbunden, der wenigstens drei hintereinanderliegende Behandlungskammern durchläuft, wobei die dem Aufgabeschacht am nächsten liegende Behandlungskammer, die Reduktionskammer, über eine Rohrleitung mit dem Kohlevergasungsreaktor, die mittlere Behandlungskammer, die Vorreduktionskammer, über eine Rohrleitung, in Strömungsrichtung des Prozeßgases gesehen, mit der vorhergehenden Reduktionskammer und über eine weitere Rohrleitung mit der nachfolgenden Behandlungskammer, der Vorwärm- und Trocknungskammer, in Verbindung

steht, und dem Wanderrost ist eine Vorrichtung zur Herstellung der grünen Formlinge vorgeschaltet. Die Anlage weist einen einfachen Aufbau auf. Der Wanderrost ist besonders geeignet zur Vorwärmung und Trocknung sowie zur Reduktion von Formlingen aus Erz, da sich die einzelnen Verfahrensschritte darauf besonders gut beherrschen lassen. Das Prozeßgas wird vorteilhaft unabhängig von dem zu reduzierenden und aufzuschmelzenden Gut geführt. Gut- und Gasstrom sind nicht gegensinnig gerichtet, wie es beispielsweise in der bekannten Anlage der Fall ist. Aus diesem Grund sind keine hohen Gebläseleistungen erforderlich. Das während des Reduktionsvorgangs sich im Gas anreichernde Feingut sowie der Staub können zwischen den einzelnen Verfahrensschritten leicht entfernt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage ist in der Gaszuleitung zu der Vorwärm- und Trocknungskammer eine Brennkammer mit Luft- oder Sauerstoffzuführung angeordnet. In dieser Kammer findet eine Verbrennung der brennbaren Bestandteile des Prozeßgases statt, welches die Reduktionskammer durchlaufen hat. Damit entfällt eine aufwendige Reinigung der Abgase. Nach Durchtritt des Gases durch die Schüttung auf dem Wanderrost enthält es nur noch Wasserdampf und  $\text{CO}_2$ . Gegebenenfalls wird in die Gasleitung zur der Vorwärm- und Trocknungskammer hinter der Brennkammer ein Gaskühler angeordnet, um die Temperaturen des Gases vor dem Eintritt in die Vorwärm- und Trocknungskammer auf das jeweils erforderliche Niveau abzukühlen.

Im folgenden wird anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels die erfindungsgemäße Anlage und das erfindungsgemäße Verfahren mit weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen näher erläutert.

Wie die Zeichnung zeigt, wird in einer Vorrichtung 1 zur Herstellung von grünen Formlingen 7 aus einer Reihe von Bunkern 2, 3, 4 Erz, Kalkstein und andere Zuschläge sowie aus einer Entstaubungsanlage 5 Staub dosiert abgezogen und in einer festgelegten Mischung einem Aggregat 6, z.B. Brikkettpresse oder Pelletiervorrichtung aufgegeben, in dem die Formlinge 7 abgeformt werden. Die erwünschte Porosität der Formlinge wird vorteilhaft dadurch erreicht, daß den Erzen bei der Herstellung der Formlinge brennbare und/oder vergasende Stoffe beigemischt werden. Der Grad der Porosität kann durch die zugegebene Menge gesteuert werden. Vorteilhaft kann die Porosität auch dadurch erreicht werden, daß bei der Herstellung der Formlinge grobkörnige Erze verwendet werden. Die Verwendung grobkörniger Erze spart außerdem Energie ein, die sonst zur Aufmahlung der Erze aufgewendet werden müßte.

Diese Formlinge 7 werden kontinuierlich auf einen Wanderrost 8 oder ein anderes, für die Durchführung einer Reduktion geeignetes Förderaggregat, aufgegeben. Zunächst wird dem Wanderrost Kalkstein oder Dolomit zugeführt und dadurch darauf ein Beleg 9 gebildet. Danach wird kontinuierlich eine Schicht der Formlinge 7 mit dem Wanderrost 8 in die Vorwärm- und Trocknungskammer 10 gebracht. Dort strömen von unten im Querstrom heiße Prozeßgase aus der Brennkammer 11 ein, deren Aufbau und Funktion später erläutert wird. Gegebenenfalls werden die aus der Brennkammer 11 austretenden heißen Prozeßgase mit Hilfe eines zwischengeschalteten Gaskühlers auf eine für die Vorwärmung und Trocknung der Formlinge erforderliche Temperatur abgekühlt. Die Gase wärmen und trocknen die feuchten Formlinge 7 und verlassen die Reduktionskammer 10 unter Mitführung von Wasserdampf durch den Kamin 12. Die noch etwa 200 °C bis 300 °C heißen, mit Wasserdampf beladenen Abgase können eventuell zur Inertisierung, beispielsweise von Kohlenmahlanlagen, verwendet werden.

Von der Behandlungskammer 10 gelangen die Formlinge 7 in die Vorreduktionskammer 13. Dort durchströmt das noch etwa 1000 °C heiße Reduktionsgas die Schüttung auf dem Wanderrost 8 von oben nach unten, wodurch die Formlinge 7 vorreduziert werden. Hierbei wird ein Reduktionsgrad der Formlinge von etwa 50 bis 70 % erreicht.

In der darauffolgenden Reduktionskammer 14 erfolgt die Reduktion der Formlinge 7 durch das frische, etwa 1300 °C heiße Reduktionsgas auf einen Reduktionsgrad von etwa 90 %.

Die Geschwindigkeit des Wanderrostes 8 ist in weiten Grenzen regulierbar und richtet sich nach der jeweiligen Gaszusammensetzung, Gastemperatur und der davon abhängigen Verweilzeit der Formlinge 7 in der Vorreduktionskammer 13 und der Reduktionskammer 14. Die Geschwindigkeit wird in der Regel auf Werte zwischen 0,5 und 3 m/min eingestellt.

Im Gegensatz zu vielen anderen Verfahren werden die reduzierten Formlinge nicht abgekühlt, sondern fallen direkt in einen Aufgabeschacht 15 über eine gasdichte Schleuse, in diesem Fall zwei übereinanderliegende Glockenverschlüsse 16, in den Kohlevergasungsreaktor 17. Diese Schleuse wirkt unter anderem auch als Regulierorgan für die jeweils pro Zeiteinheit aufzugebende Menge. Eventuelle Verbackungen oder Versinterungen der Formlinge können in einer Zerkleinerungsvorrichtung 18, beispielsweise zwei gegenläufige Stachelwalzen, leicht zerkleinert werden.

In dem Kohlevergasungsreaktor 17 fallen die zu Eisenschwamm reduzierten Formlinge in ein Eisenbad 19 und schmelzen auf. Die sich bildende Schlacke 20 schwimmt auf und fließt, wie das flüssige Roheisen 19, kontinuierlich ab. Durch Bodendüsen wird Kohle 21 und Sauerstoff 22 eingeblasen. Die Kohle reagiert mit dem Sauerstoff und wird vergast. Es entsteht

ein schwefelfreies, hochreines Prozeßgas mit einem Gehalt von etwa 65 bis 70 % CO und 25 bis 30 % H<sub>2</sub>, das auch als Synthesegas Verwendung finden kann. Aufgrund der Möglichkeit den Schwefelgehalt der Kohle vollständig in der Schlacke zu binden, läßt sich auch vorteilhaft minderwertige, hochschwefelhaltige Kohle für dieses Verfahren einsetzen.

Das etwa 1400 ° C heiße Prozeßgas strömt durch den im Kohlevergasungsreaktor 17 herrschenden Überdruck mit einem Druck von etwa 2 bar aus einem Auslaß 23 in der Decke des Reaktors in einen Heißgaszyklon 24, in dem es vom mitgerissenen Staub befreit wird. Das für die Reduktion vorgesehene Gas strömt durch die Leitung 26 in die Reduktionskammer 14. Überschüssiges Gas hoher Reinheit kann über ein Verteilerventil 25 für andere Zwecke, beispielsweise als Synthesegas, über die Leitung 27 abgeführt werden.

An die Reduktionskammern 13, 14 sind über Gasleitungen 30 und 31 Heißgaszyklone 28 und 29 angeschlossen, in denen der von den Gasen aus der Schüttung auf dem Rost mitgerissene Staub abgeschieden wird. Der in den Heißgaszyklonen 28, 29 abgeschiedene Staub wird über die Leitung 32 in die Vorrichtung 1 zur Herstellung der grünen Formlinge 7 in den Bunker 5 zurückgeführt. Dabei wird über ein Gebläse 33 in der Gasleitung 30 und ein Gebläse 34 in der Leitung 31 die Geschwindigkeit des Gasstroms geregelt.

Da für die Vorwärmung und Trocknung keine so große Gasmenge benötigt wird wie für die Reduktion, ist in der Leitung 31 vor dem Gebläse 34 ein Verteilerventil 35 angeordnet, mit dem die Abgabe des sogenannten Überschußgases durch die Leitung 36 geregelt wird. Es kann zur Sauerstofferzeugung oder als Brenngas zur Stromerzeugung genutzt werden.

Vor der Behandlungskammer 10 liegt eine Brennkammer 11 in der Leitung 31, in die Luft oder Sauerstoff über eine Düse 37 eingeführt wird und sämtliche noch brennbaren Bestandteile im Gas verbrannt und das Gas, wenn erforderlich, noch zusätzlich mit Hilfe eines in die Leitung 31 zwischengeschalteten Gaskühlers gekühlt, um Überhitzungen und Verformungen des Rostes 8 zu vermeiden. Die Gaserzeugung im Kohlevergasungsreaktor 17 mit einer basischen Schlacke und die nachfolgende Verbrennung in der Brennkammer 11 und Kühlung des Gases zu einem niedrigeren Temperaturniveau verhindern, daß Schwefeldioxid und Stickstoffoxidemissionen aus dem Prozeß in die Umwelt gelangen.

Von dem Verteilerventil 25 kann eine weitere Leitung 38 abgezweigt werden, in der ein Gaskühler 39 liegt. Über die Leitung 38 kann eine Teilmenge des Prozeßgases abgezweigt, gekühlt und beim eventuellen Auftreten von Temperaturen des Prozeßgases oberhalb 1300 °C an der Stelle 40 aufgegeben werden, um eine Überhitzung des Eisenschwamms in der Reduktionskammer 14 auszuschließen.



- 14 -  
- Leerseite -

